

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Ғылым жаршысы: пәнаралық = Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени Сакена Сейфуллина: междисциплинарный. – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2025. -№ 4 (128). - P.53-63. - ISSN 2710-3757, ISSN 2079-939X

doi.org/10.51452/kazatu.2025.4(128).2075

УДК 631.521.11

Исследовательская статья

Оценка адаптивности линий яровой мягкой пшеницы в условиях Северо-Казахстанской области

Федоренко Е.Н. , Лутченко Ж.И. , Артыс А.Ю. , Абдуллина В.Ф. 

ТОО «Северо-Казахстанская сельскохозяйственная опытная станция»
Шагалалы, Казахстан

Автор-корреспондент: Федоренко Е.Н.: efedorenko2015@mail.ru

Соавторы: (1: ЖЛ) zhannal1990@internet.ru; (2: АА) angelika-goc@mail.ru
(3: ВА) abdullinavf@mail.ru

Получено: 29.10.2025 Принято: 12.12.2025 Опубликовано: 30.12.2025

Аннотация

Предпосылки и цель. Северо-Казахстанская область является одним из ведущих регионов Казахстана по производству качественного зерна пшеницы. Для повышения эффективности селекционной работы важным направлением является изучение адаптивности новых линий по показателям экологической пластичности и стабильности урожайности. Цель работы оценка адаптивности линий яровой мягкой пшеницы конкурсного испытания по показателям экологической пластичности и стабильности урожайности в условиях степной зоны Северо-Казахстанской области.

Материалы и методы. Анализ проведён по 20 перспективным линиям яровой мягкой пшеницы селекции Северо-Казахстанской сельскохозяйственной опытной станции за 2020-2024 гг. Расчёт показателей экологической стабильности и пластичности выполнен по методике *S.A. Eberhart* и *W.A. Russel* (в ред. В.А. Зыкина и др.). Показатели стрессоустойчивости ($Y_{\min} - Y_{\max}$) и генетической гибкости ($(Y_{\min} - Y_{\max})/2$) вычислялись по уравнениям *A.A. Rosielle* и *J. Hamblin* в интерпретации А.А. Гончаренко.

Результаты. Выделены линии, отличающиеся сочетанием высокой урожайности (27,6–28,1 ц/га), экологической пластичности ($b_i = 0,98-1,07$) и стабильности ($\sigma^2d = 0,4-1,0$): 486/лют 22, 63/лют 37, 453 СП2/19. Линия 218/10 и сорт Айна проявили высокую продуктивность и повышенные значения показателя пластичности ($b_i = 1,14-1,21$), что относит их к интенсивным типам.

Заключение. Проведённая оценка позволила выявить линии яровой мягкой пшеницы с высокой экологической адаптивностью, пластичностью и стабильностью урожайности, которые представляют интерес для дальнейшего использования в селекционных программах и производственных испытаниях в условиях степной зоны Северного Казахстана.

Ключевые слова: адаптивность; пластичность; стабильность; урожайность; яровая мягкая пшеница.

Введение

В условиях рискованного земледелия интенсификация производства ведет к низкой и неустойчивой окупаемости энергетических затрат на производство сельскохозяйственной продукции и загрязнению окружающей среды. Это подтверждается данными современных исследователей, которые показывают значительную долю влияния (71-87%) контрастных условий погоды на продуктивность полевых культур [1]. Важное значение, наряду с основными агротехническими приемами возделывания яровой пшеницы, имеет подбор сортов, приспособленных к почвенно-климатическим условиям региона [2]. Однако, сам сорт в полной

мере не определяет урожайность культуры. На стабильные показатели урожая и пластичность оказывают влияние условия окружающей среды, неподдающиеся существенному влиянию [3].

Стабильность – показатель, который характеризует сорт с позиции устойчивости его продуктивности в различных условиях возделывания. Стабильным считается образец, показатели урожайности которого в различных экологических условиях не имеют существенных отклонений от среднего значения. К стабильным можно отнести сорта, демонстрирующие примерно одинаковый уровень продуктивности в различных экологических зонах. Пластичность же представляет собой способность сорта обеспечивать высокие и устойчивые показатели урожайности в изменяющихся условиях возделывания [4].

При высоком уровне цен на сельскохозяйственные машины, посевной материал, удобрения, пестициды, снижающие доходность сельскохозяйственного предприятия, сокращение материальных и трудовых затрат на создание единицы урожая является особенно актуальным на сегодняшний день [5].

Современные сорта недостаточно приспособлены к стрессовым условиям, что ведет к реализации лишь 25-40% генетически возможной потенциальной урожайности [6]. Структурные элементы урожайности, складывающиеся на важных этапах органогенеза, оказываются в сильной зависимости от агроклиматических условий [7]. В условиях современного производства важно создать адаптированные сорта не только к местным климатическим факторам, но и к применяемым технологиям [8].

Для каждого региона необходимо подбирать собственный морфотип, что предусматривается адаптивным растениеводством. То есть используемые сорта должны обладать устойчивостью к наиболее характерным абиотическим и биотическим стрессовым факторам для определенной агроэкологической зоны [9].

Получение стабильного урожая хлебопекарной яровой пшеницы затрудняется сильной зависимостью сельскохозяйственного производства от агроклиматических условий региона. Следовательно, для получения высоких показателей продуктивности и качественного сорта требуется изучить большой комплекс хозяйственно-ценных признаков [10].

Согласно некоторым источникам, приспособленность к изменяющимся условиям среды определяет пластичность сорта. По данным других авторов пластичность характеризует способность генотипа повышать урожайность, а стабильность – устойчивость к различным стрессовым факторам [3].

Низкая почвенная влагообеспеченность и высокая температура воздуха являются основными стрессовыми факторами для яровой пшеницы [11]. Очень редко в одном генотипе сочетаются одновременно высокая урожайность и засухоустойчивость [12]. Согласно многолетнему опыту, генетический потенциал урожайности, устойчивость к полеганию и болезням наиболее ярко проявляется в достаточно увлажненные годы. Поэтому в такие годы формируются максимальные показатели по урожайности [2].

Главным критерием адаптивности является урожайность сорта в различных условиях среды [6]. В современных условиях селекция полевых культур направлена на повышение продуктивности, потенциала адаптивности, улучшения качественных показателей, а также устойчивости к болезням [13]. Большое значение отводится сортам, обладающим высокой экологической пластичностью и способностью эффективно использовать климатические ресурсы в условиях экстенсивного земледелия. Районированным сортам должны быть свойственны высокая урожайность, высокая экологическая пластичность, способность к меньшему снижению урожая в негативных условиях [14].

В мировой селекции создано порядка тысячи сортов пшеницы, но формирующие высокую урожайность и не снижающие другие основные хозяйственно-ценные признаки, в условиях производства остается в небольшом количестве [15].

Материалы и методы

Исследования проводились в условиях степной зоны на опытных участках Северо-Казахстанской сельскохозяйственной опытной станции с 2020 по 2023 годы. Тип почв – чернозем

обыкновенный с тяжелосуглинистым механическим составом. Реакция почвенной среды pH 7,8-8,1, что характеризует ее как нейтральную или слабощелочную. Количество гумуса в пределах 4,5-5%. Предшественник – пар.

Объектом исследований являлись 20 линии яровой мягкой пшеницы конкурсного испытания Северо-Казахстанской сельскохозяйственной опытной станции. В качестве стандартов для сравнения использованы районированные сорта разных типов созревания: среднеранний Астана и среднеспелый Айна.

Сорта возделывались в соответствии с общепринятой для зоны технологии. Закладка конкурсного сортоиспытания проводилась селекционной сеялкой (СС-11 Альфа) с нормой 3,5 млн всхожих семян на га в третьей декаде мая. Повторность трехкратная, размер учетной делянки – 31 м². Учёты и наблюдения проводились согласно методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Урожайность учитывалась прямым комбайнированием САМПО-500. Статистическая и математическая обработка полученных данных проводилась по *Б.А. Доспехову*, а также с использованием компьютерных программ Microsoft Office.

Показатели адаптивности, экологическая стабильность (коэффициент линейной регрессии b_1) и пластичность сортов пшеницы (среднеквадратическое отклонение от теоретической урожайности σ^2d) определены согласно методикам *В.А. Зыкина*, *S.A. Eberhart* и *В.А. Rusell* [16]. Стрессоустойчивость ($Y_{min}-Y_{max}$) и генетическая гибкость ($(Y_{min}-Y_{max})/2$) рассчитывались по уравнениям *A.A. Rosielle* и *J. Hamblin*, изложенные *A.A. Гончаренко* [17].

Климат Северо-Казахстанской области резко континентальный с умеренно жарким летом и суровой длительной зимой. Среднегодовое количество осадков по метеопосту Шагалалы 362 мм, с вариацией 310-540 мм. За пять зимних месяцев в виде снега выпадает около 90 мм с колебаниями по годам 60-180 мм, среднемноголетняя температура января -17,2 °С, минимальная - 40,0-45,0 °С. Средняя температура лета 18,6 °С, в том числе по месяцам: июнь – 18,5 °С, июль – 20,0 °С и август – 17,2 °С, максимальная может достигать +40,0 °С и выше. В эти же месяцы выпадает в среднем 165,0 мм дождя (почти половина годовой нормы) с четко выраженным июльским максимумом. В целом, почвенно-климатические условия благоприятны для возделывания основных сельскохозяйственных культур, особенно яровой пшеницы. Однако, периодически повторяющиеся засухи, резко снижая урожайность, предопределяют неустойчивую продуктивность зернового хозяйства области.

Годы исследований, были разнообразными по метеорологическим показателям в вегетационный период (таблица 1).

Таблица 1 – Метеорологические показатели вегетации пшеницы, 2020-2023 гг.

Год	Месяц	Осадки, мм			Температура, °С		
		за месяц	средне-многолетние	отклонение от средне-многолетнего	за месяц	средне-многолетние	отклонение от средне-многолетнего
2020	май	28,1	28,0	+0,1	17,9	12,7	+5,2
	июнь	35,9	44,0	-8,1	16,4	18,5	-2,1
	июль	75,6	71,0	+4,6	21,4	20,0	+1,4
	август	21,6	47,0	-28,4	19,8	17,2	+2,6
	за лето	133,1	162,0	-28,9	19,2	18,6	+0,6
2021	май	10,1	28,0	-17,9	18,1	12,7	+5,4
	июнь	22,0	44,0	-22,0	17,2	18,5	-1,3
	июль	69,8	71,0	-1,2	20,8	20,0	+0,8
	август	29,1	50,0	-20,9	20,4	17,2	+3,2
	за лето	120,9	165,0	-44,1	19,5	18,6	+0,9

Продолжение таблицы 1

2022	май	7,6	28,0	-20,4	14,8	12,7	+2,1
	июнь	52,7	44,0	+8,7	18,7	18,5	+0,2
	июль	83,6	71,0	+12,6	21,2	20,0	+1,2
	август	35,3	50,0	-14,7	18,0	17,2	+0,8
	за лето	171,6	165,0	+6,6	19,3	18,6	+0,7
2023	май	22,3	28,0	-5,7	14,1	12,7	+1,4
	июнь	41,1	44,0	-2,9	19,1	18,5	+0,6
	июль	22,7	71,0	-48,3	24,1	20	+4,1
	август	59,3	50,0	+9,3	18,4	17,2	+1,2
	за лето	121,3	165,0	-41,9	20,5	18,6	+1,9

В 2020 году погодным условиям была характерна сильная засушливость особенно в июне и августе, максимальное количество осадков выпало в июле. В целом, за летний период выпало 133,1 мм осадков, составив 81% от среднегодовой нормы в 165 мм.

Июнь и август 2021 года также характеризовались засушливыми условиями. За лето выпало 120,9 мм осадков, составляя 73% от среднегодовой нормы. Среднесуточная температура воздуха была на 0,9 °С выше нормы.

Погодные условия 2022 года оказались наиболее благоприятными за весь период в течении четырех лет. Так, количество осадков в июне и июле превышало нормативные показатели на 18-20%, а температурные условия находились на одном уровне или незначительно превышали норму (в пределах 1,2 °С). Напротив, в 2023 году наблюдались крайне засушливые условия – осадки практически отсутствовали, а среднесуточные температуры в критические фазы значительно превышали среднегодовые показатели, что вызвало сокращение вегетационного периода и снижение урожайности.

В процессе анализа метеорологических условий был определен гидротермический коэффициент ГТК за период июнь-август каждого года исследования, учитывающий влияние в комплексе температуры и влагообеспеченности растений. В 2020 году ГТК составил 0,75 (умеренная засуха, не вызывающая катастрофического снижения урожая), в 2021 и 2023 годах ГТК соответственно 0,67 и 0,65 (сильная засуха, наносящая ощутимый вред урожаю). В 2022 ГТК-0,97 – условия удовлетворительной влагообеспеченности. Многолетний показатель ГТК периода вегетации 0,96.

Проведённая оценка позволила выявить линии яровой мягкой пшеницы с высокой экологической адаптивностью, пластичностью и стабильностью урожайности, которые представляют интерес для дальнейшего использования в селекционных программах и производственных испытаниях в условиях степной зоны Северного Казахстана.

Результаты и обсуждение

Урожайность является основным показателем адаптации сортов к различным условиям возделывания, она дает представление об отзывчивости сорта на улучшение или ухудшение абиотических условий. В наших исследованиях линии пшеницы имели различную урожайность, значительно различающуюся по годам (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность линий пшеницы конкурсного сортоиспытания, 2020-2023 гг.

Название сорта, линии	Годы исследования					Cv, %
	2020	2021	2022	2023	среднее	
Астана, стандарт	29,6	20,3	31,1	16,6	24,4	7,1
Айна, стандарт	33,6	24,4	38,9	16,8	28,4	9,8
92/13	33,3	25,5	35,6	19,1	28,4	7,5
486/ лют22	36,2	25,3	36,6	19,6	29,4	8,4

Продолжение таблицы 2

3/05 с 30% Dtr	32,7	20,3	33,3	18,2	26,1	8,0
384/06-1	32,4	24,9	31,9	17,2	26,6	7,1
Эритроспермум 42/12	32,6	21,2	35,5	15,5	26,2	9,4
63/ лют 37	35,9	24,0	34,8	19,3	28,5	8,2
218/10	35,1	23,0	38,6	16,7	28,4	10,2
92/82-4 с 2% маннит	32,8	22,8	30,8	16,9	25,8	7,4
23/07	33,1	19,6	34,4	17,7	26,2	9,2
324/10	35,4	17,8	32,7	15,3	25,3	10,2
435/лют 2	34,1	22,0	35	17,1	27,1	8,9
360/12	33,6	24,8	33,2	16,0	26,9	8,3
659/12	35,0	21,8	29,4	16,6	25,7	8,1
40/05 10% Sn1-1	33,5	19,6	33,5	15,0	25,4	9,5
Эритроспермум 255	32,9	18,0	33,4	13,4	24,4	10,3
370/10	37,1	21,9	28,3	18,2	26,4	8,3
13/12	36,7	23,6	30,4	19,4	27,5	7,6
453 СП2/19	34,7	23,8	34,8	18,1	27,9	8,3
Сред. урожайность, ц/га	34,0	22,2	33,6	17,1	26,7	
Индекс среды, Ij	7,3	-4,5	6,9	-9,6		

За годы исследований средняя урожайность в питомнике конкурсного испытания варьировала от 17,1 ц/га (в 2023 году) до 34,0 ц/га (в 2020 г). С максимальной урожайностью за 4 года 27,1-29,4 ц/га выделены 7 линий: 92/13, 486/ лют22, 63/ лют 37, 218/10, 435/лют 2, 13/12, 453 СП2/19, и сорт-стандарт Айна. Коэффициент вариации урожайности C_v , % у основной части линий низкий – до 10%. Лишь у 3-х линий он средневариабельный: 218/10, 324/10, Эритроспермум 255. Низкий коэффициент вариации свидетельствует о высокой экологической стабильности большинства изучаемых линий, что особенно важно для условий резко континентального климата Северного Казахстана, характеризующегося чередованием влажных и засушливых лет. Линии с устойчивой урожайностью способны эффективно использовать ресурсы среды без значительного снижения продуктивности, что подтверждает их адаптивность и пригодность для дальнейшего селекционного использования. Средневариабельные линии, напротив, демонстрируют зависимость от условий года, что указывает на их принадлежность к интенсивному типу и необходимость применения оптимальных агротехнологий для реализации потенциала урожайности. Аналогичные закономерности между урожайностью и стабильностью отмечены в исследовании *T.C. Wang, P. Casadebaig, T.W. Chen*, [18], где подчеркивается, что высокая стабильность урожайности тесно связана с адаптивной реакцией генотипов на изменяющиеся условия среды.

Метод *S.A. Eberhart* и *B.A. Rusell* в изложении *В.А. Зыкина* [16] по определению показателей адаптивности основывается на расчёте коэффициента линейной регрессии (b_i) и дисперсии (σ^2d), которые используются для оценки адаптивной способности генотипов. Коэффициент линейной регрессии (b_i) отражает степень экологической пластичности образца в зависимости от изменяющихся условий возделывания, тогда как величина дисперсии служит показателем его стабильности в различных стрессовых условиях. Для расчёта коэффициента (b_i) были определены индексы условий среды (I_j). В качестве базы для их вычисления использовались данные о средней урожайности линий и сортов пшеницы за четыре года исследований, что позволило выделить годы с различной степенью благоприятности для возделывания пшеницы. Наиболее благоприятные условия для роста и развития генотипов отмечались в 2020 и 2022 годах ($I_j=7,3$ и 6,9 соответственно), неблагоприятными оказались в 2023 году ($I_j=-9,6$), а промежуточные – в 2021 году ($I_j=-4,5$).

Коэффициент линейной регрессии урожая оценивает реакцию генотипов на изменение условий выращивания. При $b_i > 1$ сорта обладают экологической пластичностью и отзывчивостью

на изменения условий года (таблица 3). Эти сорта относятся к интенсивному типу и при интенсификации технологий реагируют увеличением урожайности. В конкурсном испытании к ним отнесены 7 линий: Эритроспермум 42/12, 218/10, 324/10, 435/лют 2, 40/05 10% Sn1-1, Эритроспермум 255 и стандарт Айна ($b_i=1,12-1,22$), что характеризует их как отзывчивые на условия выращивания. При значении коэффициента $b_i < 1$ сорта характеризуются слабой реакцией на изменение условий среды. Такие генотипы целесообразно возделывать в условиях экстенсивного земледелия, где они обеспечивают наибольшую отдачу при минимальных затратах. В нашем опыте к этой группе относятся шесть генотипов: 92/13, 384/06-1, 92/82-4 с 2% маннитом, 370/10, 13/12 и стандартный сорт Астана ($b_i = 0,84-0,90$). У остальных 7 линий: 486/ лют22, 3/05 с 30% Dtr, 63/ лют 37, 23/07, 360/12, 659/12, 453 СП2/19 коэффициент регрессии около или равен единице ($b_i=0,94-1,07$), что означает высокую экологическую пластичность, эти линии наиболее адаптированы к условиям возделывания в регионе.

Подобные диапазоны значений b_i (0,87–1,39) были отмечены в исследованиях *S.I. Shah, M.A. Sahito* [19], где генотипы с $b_i \approx 1$ рассматривались как обладающие широкой адаптацией. В исследовании в *V. Gupta, M. Kumar, V. Singh* коэффициент b_i также был значимым для прогноза стабильности урожайности и коррелировал с средним уровнем урожая [20].

Таблица 3 – Показатели адаптивности линий пшеницы конкурснного испытания, 2020-2023 гг.

Название сорта, линии	Урожайность, средняя за 2020-2023 гг	Пластичность b_i	Стабильность σ^2d	$(Y_{\min} - Y_{\max})$ стрессо-устойчивость	$(Y_{\min} + Y_{\max})/2$ Генетическая гибкость
Астана, стандарт	24,4	0,84	1,9	-14,5	23,9
Айна, стандарт	28,4	1,14	18,4	-22,1	27,9
92/13	28,4	0,89	5,5	-16,5	27,4
486/ лют22	29,4	1,01	0,6	-17	28,1
3/05 с 30% Dtr	26,1	0,95	4,3	-15,1	25,8
384/06-1	26,6	0,84	6,5	-14,7	24,8
Эритроспермум 42/12	26,2	1,12	5,6	-20	25,5
63/ лют 37	28,5	0,98	0,3	-15,5	27,6
218/10	28,4	1,21	8,0	-21,9	27,7
92/82-4 с 2% маннит	25,8	0,88	2,6	-14,8	24,9
23/07	26,2	1,04	7,4	-16,7	26,1
324/10	25,3	1,21	9,3	-17,4	25,4
435/лют 2	27,1	1,07	1,0	-17,9	26,1
360/12	26,9	0,98	8,0	-17,2	24,8
659/12	25,7	0,94	13,8	-15,9	25,8
40/05 10% Sn1-1	25,4	1,14	0,9	-18,5	24,3
Эритроспермум 255	24,4	1,22	1,9	-20	23,4
370/10	26,4	0,90	36,0	-16,1	27,7
13/12	27,5	0,87	17,8	-14,7	28,1
453 СП2/19	27,9	1,00	0,4	-16,7	26,5

Минимальный показатель среднеквадратичного отклонения в данном опыте ($\sigma^2d=0,3-0,9$) показали 4 линии, выделившиеся как стабильные: 486/ лют22, 63/ лют 37, 40/05 10% Sn1-1, 453 СП2/19.

Среди свойств адаптивности важным является показатель стрессоустойчивости, показывающий разницу между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{\min} - Y_{\max}$), параметр

выражается отрицательным значением, чем он меньше, тем шире адаптационный потенциал сорта и выше устойчивость к стрессу. Среди изучаемого набора образцов минимальный показатель (-14,5-15,9) отмечен у 3 линий: 3/05 с 30% Dtr, 384/06-1, 92/82-4 с 2% маннит, и сорта Астана. Работы R, Amiri, S. Bahraminejad также подчёркивают, что разница между минимальной и максимальной урожайностью ($Y_{\min} - Y_{\max}$) или сопоставимые показатели могут служить прямым индикатором устойчивости к стрессу. Использование различных стабильностных показателей (в том числе коэффициента регрессии) выявило, что сорта с меньшей вариабельностью и большей устойчивостью дают лучшие результаты в условиях ограниченной влажности [21].

Генетическая гибкость $(Y_{\min} + Y_{\max})/2$, или компенсаторная способность сорта – это возможность компенсировать воздействие неблагоприятных условий на урожайность. Среди изучаемых образцов заслуживают внимания образцы с максимальным значением показателя 27,4-28,1 ц/га: Айна, 92/13, 486/лют22, 63/лют 37, 218/10, 370/10.

Согласно литературе, сорта с высоким средним уровнем урожайности и одновременно невысокой изменчивостью по годам и средам считаются более приспособленными и перспективными. В частности, работа «Genetic modulation of yield and phenotypic plasticity of yield in winter wheat» отмечает, что «новые сорта имеют более высокий средний урожай и повышенную пластичность урожая» и указывает на возможность сочетания высокого потенциала и адаптивности [22].

Заключение

Создание селекционного материала, сочетающего высокую урожайность и качество зерна с устойчивостью к стрессовым факторам конкретного региона, является одной из приоритетных задач современных селекционных программ. Анализ экспериментальных данных по урожайности линий яровой мягкой пшеницы за 2020-2023 годы в условиях Северо-Казахстанской области позволил выделить перспективные линии, обладающие высокими показателями адаптивности, сочетающимися в себе высокую урожайность, в среднем за 4 года 27,6-28,1 ц/га, пластичность (b_i) 0,98-1,07, стабильность (σ^2d) 0,4-1,0, это линии 486/лют 22, 63/лют 37, 453 СП2/19. Сорт «Айна» и линия 218/10 отличаются высокой продуктивностью. Их коэффициент регрессии b_i составляет 1,14–1,21, что указывает на высокую пластичность и относит эти сорта к интенсивному типу, хорошо реагирующему на улучшенные условия выращивания.

Вклад авторов

ЕФ: формулировка целей и задач исследования, анализ полученных данных, написание текста статьи. ЖЛ, АА, ВА: сбор экспериментальных данных, подготовка обзора литературы, вычитка, редактирование, внесение поправок. Все авторы прочитали, ознакомились и одобрили окончательную редакцию рукописи для передачи к публикации.

Информация о финансировании

Работа проведена в рамках программно-целевого финансирования МСХ РК по научно-технической программе BR24892821 «Селекция и первичное семеноводство зерновых культур для повышения потенциала продуктивности, качества и стрессоустойчивости в различных почвенно-климатических зонах Казахстана».

Список литературы

1 Амиров, МФ, Гараев, РИ, Желтухин, АВ, Семенов, ПГ. (2022). Продуктивность и адаптивность сортов яровой пшеницы компании КВС в условиях Предкамья Республики Татарстан. *Агробиотехнологии и цифровое земледелие*, 2(3), 12-19, DOI: 10.12737/2782-490X-2022-12-19.

2 Никифоров, ВМ, Никифоров, МИ, Мамеев, ВВ. (2020). Урожайность и качество зерна сортов яровой пшеницы в условиях Брянской области. *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*, 1(77), 7-11,

3 Кузьмин, ОГ, Чурсин, АС, Краснова, ЮС, Каракоз, ИИ, Шаманин, ВП. (2021). Оценка экологической пластичности перспективных линий питомника КАСИБ-20 по урожайности и качеству зерна. *Вестник Омского ГАУ*, 1(41), 28-36. DOI: 10.48136/2222-0364_2021_1_28.

4 Агеева, ЕВ, Лихенко, ИЕ, Советов, ВВ. (2020). Оценка экологической пластичности сортов и линий яровой мягкой пшеницы в рамках программы Казахстанско-Сибирской сети. *Вестник Омского государственного аграрного университета*, 4(40), 7-11. DOI: 10.12345/2222-0364_2020_4_40_1.

5 Войтович, НВ, Политыко, ПМ, Осипова, АВ, Никифоров, ВМ, Никифоров, МИ. (2020). Оценка эффективности технологий возделывания яровой пшеницы на дерново-подзолистых почвах центрального региона России. *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*, 2(78), 3-8.

6 Демина, ЕА, Кинчаров, АИ, Таранова, ТЮ, Чекмасова, КЮ. (2021). Оценка адаптивности сортов яровой мягкой пшеницы в лесостепных условиях Среднего Поволжья. *Аграрный вестник Урала*, 11(214). DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-8-19.

7 Таранова, ТЮ, Кинчаров, АИ, Демина, ЕА, Муллаянова, ОС, Чекмасова, КЮ. (2021). Селекционная оценка исходного материала яровой мягкой пшеницы по продуктивности и ее элементам. *Вестник КрасГАУ*, 5, 81-88. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-5-81-88.

8 Новохатин, ВВ, Драгавцев, ВА. (2020). Научное обоснование эколого-генетической селекции мягкой яровой пшеницы. *Достижения науки и техники АПК*, 34(12), 39-46. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11206.

9 Демина, ЕА, Кинчаров, АИ, Таранова, ТЮ, Муллаянова, ОС, Чекмасова, КЮ. (2020). Современные сорта яровой мягкой пшеницы для лесостепной зоны Средневолжского региона. *Достижения науки и техники АПК*, 34:10, 16-21. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11002.

10 Демина, ИФ. (2020). Урожайность и элементы её структуры у сортов и линий мягкой яровой пшеницы. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*, 5(187), 5-10.

11 Агеева, ЕВ, Лихенко, ИЕ, Советов, ВВ. (2018). Оценка экологической пластичности сортообразцов мягкой яровой пшеницы питомника Казахстанско-Сибирской сети СИММУТ. *Земледелие и растениеводство*, 32: 11, 26-29. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11106.

12 Мальцева, ЛТ, Филиппова, ЕА, Банникова, НЮ, Катаева, НВ. (2021). Влияние засухи на хозяйственно ценные признаки яровой мягкой пшеницы в условиях лесостепной зоны курганской области. *Вестник Омского ГАУ*, 3(43), 25-34. DOI: 10.48136/2222-0364_2021_3_25.

13 Евдокимов, МГ, Белан, ИА, Юсов, ВС, Ковтуненко, АН, Россеева, ЛП. (2020). Адаптивный потенциал сортов пшеницы (озимой, яровой мягкой и яровой твердой) селекции Омского аграрного научного центра. *Достижения науки и техники АПК*, 34, 9-15. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11001.

14 Мозговой, СС, Пантюхов, ИВ, Келер, ВВ. (2020). Экологическая пластичность сортов яровой пшеницы в лесостепи красноярского края. *Вестник КрасГАУ*, 9, 121-128. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-121-128.

15 Асеева, ТА, Зенкина, КВ, Ломакина, ИВ. (2020). Хозяйственная и биологическая характеристика перспективного универсального сорта яровой пшеницы Далира. *Достижения науки и техники АПК*, 34: 6, 59-64. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10611.

16 Зыкин, ВА, Белан, ИА, Юсов, ВС. (2005). *Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений*. Уфа: БашГАУ, 100.

17 Гончаренко, АА. (2016). Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. *Вестник РАСХН*, 6, 49-53.

18 Wang, TC, Casadebaig, P., Chen, TW. (2023). More than 1000 genotypes are required to derive robust relationships between yield, yield stability and physiological parameters: A computational study on wheat crop. *Theoretical and Applied Genetics*, 136, 34. DOI: 10.1007/s00122-023-04264-7.

19 Shah, SI, Sahito, MA, Tunio, S., Pirezado, AJ. (2009). Genotype Environment Interactions and Stability Analysis of Yield and Yield Attributes of Ten Contemporary Wheat Varieties of Pakistan. *Sindh University Research Journal (Science Series)*, 41(1).

20 Gupta, V., Kumar, M., Singh, V., Chaudhary, L., Yashveer, S., Sheoran, R., Dalal, MS, Nain, A., Lamba, K., Gangadharaiah, N., Sharma, R., Nagpal, S. (2022). Genotype by Environment Interaction

Analysis for Grain Yield of Wheat (*Triticum aestivum* (L.) em.Thell) Genotypes. *Agriculture*, 12(7), 1002. DOI: 10.3390/agriculture12071002.

21 Amiri, R., Bahraminejad, S., Sasani, Sh., Ghobadi, M. (2014). Genetic evaluation of 80 irrigated bread wheat genotypes for drought tolerance indices. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20(1), 101-111.

22 Dhaliwal, J., Ruddock, AN, Karow, RS. (2025). Genetic modulation of yield and phenotypic plasticity of yield in winter wheat. *Journal of Experimental Botany*, eraf478. DOI: 10.1093/jxb/eraf478.

References

1 Amirov, MF, Garaev, RI, Zheltukhin, AV, Semenov, PG. (2022). Produktivnost i adaptivnost sortov yarovoy pshenitsy kompanii KVS v usloviyakh Predkamya Respubliki Tatarstan. *Agrobiotekhnologii i tsifrovoye zemledelie*, 2(3), 12-19. DOI: 10.12737/2782-490X-2022-12-19.

2 Nikiforov, VM, Nikiforov, MI, Mameev, VV. (2020). Urozhaynost i kachestvo zerna sortov yarovoy pshenitsy v usloviyakh Bryanskoj oblasti. *Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*, 1(77), 7-11.

3 Kuzmin, OG, Chursin, AS, Krasnova, YuS, Karakoz, II, Shamanin, VP. (2021). Otsenka ekologicheskoy plastichnosti perspektivnykh liniy pitomnika KASIB-20 po urozhaynosti i kachestvu zerna. *Vestnik Omskogo GAU*, 1(41), 28-36. DOI: 10.48136/2222-0364_2021_1_28.

4 Ageeva, EV, Likhenko, IE, Sovetov, VV. (2020). Otsenka ekologicheskoy plastichnosti sortov i liniy yarovoy myagkoy pshenitsy v ramkakh programmy Kazakhstansko-Sibirskoy seti. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 4(40), 7-11. DOI:10.12345/2222-0364_2020_4_40_1.

5 Voitovich, NV, Polityko, PM, Osipova, AV, Nikiforov, VM, Nikiforov, MI. (2020). Otsenka effektivnosti tekhnologiy vozdeliyvaniya yarovoy pshenitsy na dernovo-podzolistykh pochvakh tsentralnogo regiona Rossii. *Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*, 2(78), 3-8.

6 Demina, EA, Kincharov, AI, Taranova, TYu, Chekmasova, KYu. (2021). Otsenka adaptivnosti sortov yarovoy myagkoy pshenitsy v lesostepnykh usloviyakh Srednego Povolzhya. *Agrarnyy vestnik Urala*, 11(214). DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-8-19.

7 Taranova TYu, Kincharov AI, Demina EA, Mullayanova OS, Chekmasova KYu. (2021). Seleksionnaya otsenka iskhodnogo materiala yarovoy myagkoy pshenitsy po produktivnosti i eye elementam. *Vestnik KrasGAU*, 5, 81-88. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-5-81-88.

8 Novokhatin, VV, Dragavtsev, VA. (2020). Nauchnoye obosnovaniye ekologo-geneticheskoy seleksii myagkoy yarovoy pshenitsy. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 34(12), 39-46. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11206.

9 Demina, EA, Kincharov, AI, Taranova, TYu, Mullayanova, OS, Chekmasova, KYu. (2020). Sovremennyye sorty yarovoy myagkoy pshenitsy dlya lesostepnoy zony Srednevolzhskogo regiona. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 34(10), 16-21. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11002.

10 Demina, IF. (2020). Urozhaynost i elementy eye struktury u sortov i liniy myagkoy yarovoy pshenitsy. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 5(187), 5-10.

11 Ageeva, EV, Likhenko, IE, Sovetov, VV. (2018). Otsenka ekologicheskoy plastichnosti sortoobraztsov myagkoy yarovoy pshenitsy pitomnika Kazakhstansko-Sibirskoy seti CIMMYT. *Zemledelie i rasteniyevodstvo*, 32: 11, 26-29. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11106.

12 Maltseva, LT, Filippova, EA, Bannikova, NYu, Kataeva, NV. (2021). Vliyanie zasukhi na khozyaystvenno tsennyye priznaki yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh lesostepnoy zony Kurganskoy oblasti. *Vestnik Omskogo GAU*, 3(43), 25-34. DOI: 10.48136/2222-0364_2021_3_25.

13 Evdokimov, MG, Belan, IA, Yusov, VS, Kovtunenkov, AN, Rosseeva, LP. (2020). Adaptivnyy potentsial sortov pshenitsy (ozimoy, yarovoy myagkoy i yarovoy tverdoy) seleksii Omskogo agrarnogo nauchnogo tsentra. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 34, 9-15. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11001.

14 Mozgovoy, SS, Pantyukhov, IV, Keler, VV. (2020). Ekologicheskaya plastichnost sortov yarovoy pshenitsy v lesostepi Krasnoyarskogo kraya. *Vestnik KrasGAU*, 9, 121-128. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-121-128.

15 Aseeva, TA, Zenkina, KV, Lomakina, IV. (2020). Khozyaystvennaya i biologicheskaya kharakteristika perspektivnogo universal'nogo sorta yarovoy pshenitsy Dalira. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 34(6), 59-64. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10611.

16 Zykin, VA, Belan, IA, Yusov, VS. (2005). *Metodika rascheta i otsenki parametrov ekologicheskoy plastichnosti selskokhozyaystvennykh rasteniy*. Ufa: BashGAU, 100

17 Goncharenko, AA. (2016). Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustoychivosti sortov zernovykh kultur. *Vestnik RASKHN*, 6, 49-53.

18 Wang, TC, Casadebaig, P., Chen, TW. (2023). More than 1000 genotypes are required to derive robust relationships between yield, yield stability and physiological parameters: A computational study on wheat crop. *Theoretical and Applied Genetics*, 136, 34. DOI: 10.1007/s00122-023-04264-7.

19 Shah, SI, Sahito, MA, Tunio, S, Pirzado AJ. (2009). Genotype Environment Interactions and Stability Analysis of Yield and Yield Attributes of Ten Contemporary Wheat Varieties of Pakistan. *Sindh University Research Journal (Science Series)*, 41(1).

20 Gupta, V., Kumar, M., Singh, V., Chaudhary, L., Yashveer, S., Sheoran, R., Dalal, MS, Nain, A., Lamba, K., Gangadharaiyah, N., Sharma, R., Nagpal, S. (2022). Genotype by Environment Interaction Analysis for Grain Yield of Wheat (*Triticum aestivum* (L.) em. Thell) Genotypes. *Agriculture*, 12(7), 1002. DOI: 10.3390/agriculture12071002.

21 Amiri, R., Bahraminejad, S., Sasani, Sh., Ghobadi, M. (2014). Genetic evaluation of 80 irrigated bread wheat genotypes for drought tolerance indices. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20(1), 101-111.

22 Dhaliwal, J., Ruddock, AN, Karow, RS. (2025). Genetic modulation of yield and phenotypic plasticity of yield in winter wheat. *Journal of Experimental Botany*, eraf478. DOI: 10.1093/jxb/eraf478.

Солтүстік Қазақстан облысы жағдайында жаздық жұмсақ бидай желілерінің бейімделуін бағалау

Федоренко Е.Н., Лутченко Ж.И., Артыс А.Ю., Абдуллина В.Ф.

Түйін

Алғышарттар және мақсат. Солтүстік Қазақстан облысы – жоғары сапалы бидай дәнін өндіретін елдің жетекші аймақтарының бірі. Селекциялық жұмыстың тиімділігін арттырудың маңызды бағыты – жаңа линиялардың экологиялық икемділігі мен өнім тұрақтылығы көрсеткіштері бойынша бейімделгіштігін зерттеу. Зерттеудің мақсаты – Солтүстік Қазақстанның дала аймағы жағдайында жаздық жұмсақ бидайдың конкурс сынағындағы линияларының экологиялық икемділігі мен өнім тұрақтылығы көрсеткіштері бойынша бейімделгіштігін бағалау.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу 2020-2024 жылдар аралығында Солтүстік Қазақстан ауыл шаруашылығы тәжірибе станциясы селекциясындағы 20 перспективті жаздық жұмсақ бидай линияларында жүргізілді. Экологиялық тұрақтылық пен икемділік көрсеткіштері *S.A. Eberhart* және *W.A. Russell* әдістемесі бойынша (*B.A. Zykin* және т.б. редакциясында) есептелді. Стресске төзімділік ($Y_{\min} - Y_{\max}$) және генетикалық икемділік ($(Y_{\min} - Y_{\max})/2$) көрсеткіштері *A.A. Rosielle* және *J. Hamblin* теңдеулері бойынша, А.А. Гончаренко интерпретациясында анықталды.

Нәтижелер. Жоғары өнімділікпен (27,6–28,1 ц/га), экологиялық икемділікпен ($b_i = 0,98 - 1,07$) және тұрақтылықпен ($\sigma^2 d = 0,4 - 1,0$) ерекшеленетін линиялар анықталды: 486/лют 22, 63/лют 37, 453 СП2/19. 218/10 линиясы мен Айна сорты жоғары өнімділік пен жоғары икемділік көрсеткішін ($b_i = 1,14 - 1,21$) көрсетті, бұл оларды интенсивті типтерге жатқызуға мүмкіндік береді.

Қорытынды. Бағалау нәтижесінде Солтүстік Қазақстанның дала аймағы жағдайында селекциялық бағдарламалар мен өндірістік сынақтарда қолдануға қызығушылық тудыратын, экологиялық бейімделгіштігі, икемділігі және өнім тұрақтылығы жоғары жаздық жұмсақ бидай линиялары анықталды.

Кілт сөздер: бейімделгіштік; бидай; жаздық жұмсақ икемділік; өнімділік; тұрақтылық.

Assessment of the adaptability of spring soft wheat lines in the North Kazakhstan region

Elena N. Fedorenko, Zhanna I. Lutchenko, Anzhelika Y. Artys, Viktoria F. Abdullina

Abstract

Background and Aim. The North Kazakhstan region is one of the leading areas of Kazakhstan for the production of high-quality wheat grain. To improve the efficiency of breeding work, an important research focus is the study of the adaptability of new lines based on indicators of ecological plasticity and yield stability. The aim of this study was to evaluate the adaptability of spring bread wheat lines from competitive trials using indicators of ecological plasticity and yield stability under the conditions of the steppe zone of Northern Kazakhstan.

Materials and Methods. The analysis was carried out on 20 promising spring bread wheat lines bred at the North Kazakhstan Agricultural Experimental Station during 2020-2024. Ecological stability and plasticity indices were calculated according to the method of *S.A. Eberhart* and *W.A. Russell* (as adapted by *V.A. Zykin et al.*). The indicators of stress tolerance ($Y_{\min} - Y_{\max}$) and genetic flexibility ($(Y_{\min} - Y_{\max})/2$) were calculated using equations proposed by *A.A. Rosielle* and *J. Hamblin*, as interpreted by *A.A. Goncharenko*.

Results. Lines characterized by a combination of high yield (27.6–28.1 c/ha), ecological plasticity ($bi = 0.98-1.07$), and stability ($\sigma^2d = 0.4-1.0$) were identified: 486/lyut 22, 63/lyut 37, and 453 SP2/19. Line 218/10 and the variety Aina showed high productivity and increased plasticity indices ($bi = 1.14-1.21$), classifying them as intensive types.

Conclusion. The evaluation made it possible to identify spring bread wheat lines with high ecological adaptability, plasticity, and yield stability that are of interest for further use in breeding programs and production trials under the conditions of the steppe zone of Northern Kazakhstan.

Keywords: adaptability; plasticity; spring soft wheat; stability; yield.